

⑤1

Int. Cl. 2:

F 16 C 33/14

①9

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 27 23 928 A 1

①1

Offenlegungsschrift 27 23 928

②1

Aktenzeichen:

P 27 23 928.7-12

②2

Anmeldetag:

26. 5. 77

④3

Offenlegungstag:

23. 3. 78

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

17. 9. 76 Japan 51-112047

⑤4

Bezeichnung:

Verfahren zur Herstellung von gespaltenen Lagerringen

⑦1

Anmelder:

NTN Toyo Bearing Co. Ltd., Osaka (Japan)

⑦4

Vertreter:

**Eder, E., Dipl.-Ing.; Schieschke, K., Dipl.-Ing. Pat.-Anwälte,
8000 München**

⑦2

Erfinder:

Tsushima, Noriyuki; Hirose, Toshikaru; Kuwana, Mie (Japan)

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DE 27 23 928 A 1

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Herstellung von gespaltenen Lagerringen, dadurch gekennzeichnet, dass die innere oder äussere Umfangsfläche des Ringes mit einer schrägen, V-förmigen Nut versehen wird, dass der Ring mindestens warmbehandelt wird und dass zur Spaltung des Ringes schräg zu seiner Achse mittels einer Druckkeil-Brechvorrichtung, die einen grösseren Keilwinkel als die Nut aufweist, entlang der Nut eine Keilkraft ausgeübt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der inneren oder äusseren Umfangsfläche des Ringes eine V-förmige Nut gebildet wird und dass der Ring zum Abstoppen der Rissbildung beim Spalten an der Spitze des V ein kleines Loch aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring an einer Stirnfläche mit einer im Querschnitt V-förmigen Nut versehen wird, die in einem bestimmten Winkel zur Fläche verläuft.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass jede der beiden Stirnflächen mit einer im Querschnitt V-förmigen Nut versehen wird und dass der Ring zum Abstoppen des sich beim Spalten bildenden Risses im Schnittpunkt der Verlängerungen der beiden Nuten ein kleines Loch besitzt.

Patentanwält
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schieschke
8 München 40, Elisabethstraße 34

809812/0592

ORIGINAL INSPECTED

Patentanwält
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schieschke
8 München 40, Elisabethstraße 34

NTN TOYO BEARING CO., LTD., OSAKA / JAPAN

Verfahren zur Herstellung von gespaltenen
Lagerringen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von gespaltenen Lagerringen, wobei die Ringe schräg zu ihrer Achse gespalten werden, indem in einer im Querschnitt V-förmigen Nut in einer Umfangs- oder einer Stirnfläche des Lagerringes eine Keilkraft ausgeübt wird.

Gespaltene Lagerringe werden bekanntlich dadurch hergestellt, dass man in einer Stirnfläche oder in einer inneren Umfangsfläche des Lagerringes eine Kerbe oder Nut herstellt und dann

mittels einer Presse den Ring aufbricht. Da die Spaltung eines Ringes schräg bzw. in V-Form in einem bestimmten Winkel zu seiner Achse (Schrägspaltung) nach dieser bekannten Methode schwierig ist, stellt man bei dünnwandigen Gegenständen in der inneren Umfangsfläche oder einer Stirnfläche des Ringes meist eine Nut her und spaltet den Ring axial, indem er senkrecht zur Nut unter Druck gesetzt wird (Parallelspaltung). Bei einem Gegenstand mit dicker Wand erfolgt das Spalten gewöhnlich durch Drehen. Bei dieser Drehmethode wird jedoch das Material schlecht ausgenutzt, obgleich ein schräges Spalten möglich ist, indem man zwei Ringe getrennt herstellt, von denen jeder eine gegenüber der Achse durch Drehen geneigte Stirnfläche aufweist. Dadurch ist die Produktivität bei diesem Verfahren schlecht.

Das schräge Spalten von Lagerringen ist jedoch an sich sehr vorteilhaft. Die beim schrägen Spalten entstehende Spaltlinie kreuzt die Hauptachse der Berührungsellipse auf der Lagerlauffläche unter einem Winkel und die Berührungsfläche berührt nur einen Teil der Spaltlinie, so dass kein Linienkontakt oder ähnlicher Lager- oder Laufkontakt entsteht, so dass die Spannungskonzentration im Spaltbereich erheblich reduziert wird, was die Lebensdauer des Lagers beträchtlich erhöht.

Das erfindungsgemässe Verfahren vermeidet die Nachteile der bekannten Verfahren und gestattet die Herstellung von gespaltenen Lagerringen, wobei die Ringe in jeder Richtung gespalten werden können und ausserdem das Material bei hoher Produktivität gut ausgenutzt wird.

Ein Merkmal der Erfindung besteht darin, dass die innere oder äussere Umfangsfläche eines Lagerringes mit einer Nut versehen wird, die schräg oder V-förmig verläuft. Nach einer Warmbehandlung oder einem Schleifen des Ringes wird mittels einer Druckkeil-Brechvorrichtung entlang der Nut eine Keilkraft erzeugt, wodurch der Ring schräg zu seiner Achse gespalten wird.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird eine Stirnfläche eines Lagerringes in einem bestimmten Winkel zur Stirnfläche mit einer im Querschnitt V-förmigen Nut versehen, worauf wieder die Warmbehandlung oder das Schleifen und das Spalten des Ringes durch Keilkraft folgen.

Die ausführliche Erläuterung der Erfindung erfolgt unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Darin zeigen:

Fig. 1-11 eine erste Ausführungsform der Erfindung, wobei ein Lagerring auf einer Umfangsfläche mit einer Nut versehen ist,

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Lagerringes mit einer schrägen Nut,

Fig. 2 das Spalten des Lagerringes nach Fig. 1,

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Lagerringes mit einer V-förmigen Nut,

Fig. 4 eine vergrösserte Draufsicht auf den Hauptteil des Lagerringes nach Fig. 3,

- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Druckkräfte in einer Ebene beim Druckkeil-Brechverfahren,
- Fig. 6 eine grafische Darstellung von $F(a/b)/\sqrt{a}$ in Abhängigkeit von der Nuttiefe a ,
- Fig. 7 eine grafische Darstellung der Abweichungen von K_1 , abhängig von dem Nutwinkel α ,
- Fig. 8 eine schematische Darstellung des Zusammenhanges zwischen einem Riss bzw. Spalt in einem Lagerring,
- Fig. 9 eine schematische Darstellung über den Augenblick, in dem der Riss das Loch erreicht,
- Fig. 10 eine grafische Darstellung eines Bereiches der Nutgrundkrümmung ϑ , wobei kein Härteriss bei der Nuttiefe a auftritt,
- Fig. 11 eine schematische Darstellung von Keilwinkel 2θ und Nutwinkel 2φ ,
- Fig. 12-25 eine zweite Ausführungsform der Erfindung, wobei eine Stirnfläche des Lagerringes eine Nut aufweist,
- Fig. 12+14 perspektivische Ansichten von zu spaltenden Lagerringen,
- Fig. 13+15 das Spalten der Lagerringe nach den Fig. 12 und 14,
- Fig. 16+20 perspektivische Ansichten von in V-Richtung zu spaltenden Lagerringen,

- Fig. 17 eine vergrösserte Darstellung des Hauptteiles des Lagerringes nach Fig. 16,
- Fig. 18+19 in schematischer Ansicht das Spalten des Lagerringes nach Fig. 16,
- Fig. 21 eine vergrösserte Vorderansicht des Hauptteiles der Lagerringe nach Fig. 20,
- Fig. 22 eine schematische Darstellung der bei der Druckkeil-Brechmethode in einer Ebene wirkenden Spannkraften,
- Fig. 23 eine grafische Darstellung des Zusammenhanges zwischen Nuttiefe a und Brechkraft,
- Fig. 24 eine grafische Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Nuttiefe a und der Nutgrundkrümmung ρ , und
- Fig. 25 eine schematische Darstellung von Keilform und Keilwinkel.

I. Es wird zunächst die Ausführungsform der Erfindung erläutert, bei der eine Umfangsfläche eines Lagerringes mit einer Nut versehen ist.

Entsprechend der ersten Ausführungsform der Erfindung gemäss Fig. 1 ist ein zu spaltender Lagerring 1 an seiner äusseren Umfangsfläche mit einer im Querschnitt V-förmigen Nut 2 versehen. Gemäss Fig. 2 erfolgt das Spalten des Lagerringes 1

durch eine Druckkeil-Brechvorrichtung 3 entlang der Nut, d.h. schräg zur Achse. Die Druckkraft zur Spaltung eines Ringes mit einem Aussendurchmesser von 108,5 mm, einem Innendurchmesser von 85 mm und einer Breite von 41 mm betrug ca. 6 to.

Bei Spaltung des Ringes in einer V-Form gemäss den Fig. 3 und 4 wird ein kleines Loch 14 auf der Aussenseite des Lagerringes 11 vorgesehen, wobei sich die Nuten 12a und 12b in diesem Loch schneiden. Der vorher warmbehandelte und geschliffene Werkstoff wird durch die Druckkeil-Brechvorrichtung zunächst entlang der Nut 12a und dann entlang der Nut 12b aufgebrochen und dadurch entlang der Spaltlinie schräg zu seiner Achse geteilt.

Im folgenden wird die von der Druckkeil-Brechvorrichtung 3 in der Nut 2 bzw. in den Nuten 12a und 12b bewirkte Spannungsbeanspruchung berechnet.

Zur angenäherten Berechnung wird der Lagerring als ebene Platte s1 gemäss Fig. 5 angenommen, wobei für die Keilkraft P die Spannung σ_{\max} am Grunde einer Nut N1 aus folgenden Gleichungen folgt:

$$\sigma_{\max} = \frac{2K}{\sqrt{\pi g}}, \quad \dots (1)$$

$$K = \frac{2p}{\sqrt{\pi a}} \cdot F(a/b), \quad \dots (2)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4p}{\pi \sqrt{g}} \cdot \frac{F(a/b)}{\sqrt{a}} \quad \dots (3)$$

$$F(a/b) = \frac{3,52}{(1-a/b)^{3/2}} - \frac{4,35}{(1-a/b)} + 2,13(1-a/b) \dots (4)$$

In den Gleichungen bedeuten:

- ρ : die Krümmung oder Ausrundung am vorderen Ende der Nut,
- K : den Spannungsvervielfachungsfaktor,
- $F(a/b)$: den Kompensationsfaktor,
- a : die Nuttiefe und
- b : die Plattenstärke.

$F(a/b)/\sqrt{a}$ ändert sich abhängig von der Nuttiefe a gemäss Fig. 6. In der Gleichung (3) wird bei konstantem σ der Wert σ_{\max} als Bruchspannung einzig durch das Material bestimmt, so dass bei steigendem $F(a/b)/\sqrt{a}$ der Wert P abnimmt. Die Bruchspannung verringert sich somit. Eine kleinere Nuttiefe a ist deshalb vorteilhafter. Die Druckbeanspruchung W und die Keilkraft P hängen gemäss folgender Gleichung vom Keilwinkel 2θ ab:

$$P = \frac{W}{2} \cot \theta.$$

Ein kleinerer Keilwinkel ist deshalb besser. Der Keilwinkel muss jedoch grösser sein als der Nutwinkel. Wenn die Bruchspannung am Lagerende 180 kg/mm^2 beträgt, gilt für den Spannungsvervielfachungsfaktor K_c am vorderen Ende des Risses zum Zeitpunkt der Entstehung des Risses:

$$\text{Aus Gleichung (1): } K_c = \frac{180\sqrt{\pi l}}{2} \dots (5)$$

Aus Gleichung (2): $K_c = \frac{2pc}{\sqrt{ac}} F_c(a/b) \dots (6)$

Für K am vorderen Ende des Risses erhält man, wenn für die Rissausbreitung folgendes gegeben ist, aus den Gleichungen (1) bis (6):

$$K = 90 \sqrt{\pi} \frac{\sqrt{ac} F(a/b)}{\sqrt{a} F_c(a/b)} .$$

Für die Praxis gilt ($b = 10-60$, $b = 1-3$) gemäss Fig. 6:

$$\frac{\sqrt{ac} F(a/b)}{\sqrt{a} F_c(a/b)} > 0,5 .$$

Daraus folgt:

$$K \geq 90 \sqrt{\pi} \times 0,5. \dots (7)$$

Bei einem Lagerstahl von K_{ic} ist gleich $50 \text{ kg} \sqrt{\text{mm}/\text{mm}^2}$ und bei $K > K_{ic} = 50$ und $\beta > 0,4$ folgt, dass es nach einem Riss in der Nut sofort zum Bruch kommt. Bei abnehmender Werkstoffhärte steigt der Wert K_{ic} an, was den Bruch erschwert. Die Werkstoffhärte H_{RC} sollte deshalb nicht kleiner als 50 sein. Im folgenden werden praktische Werte für den Lochdurchmesser $2r$ zum Abstoppen des Risses, für die Nutgrundkrümmung β , für den Keilwinkel 2θ , für die Nutform 2ψ und für den Nutwinkel α angegeben.

(I) Lochdurchmesser $2r$ zum Abfangen eines Risses:

Bei einem V-förmigen Bruch ist es wesentlich, dass der Riss in dem zentralen Loch 14 gemäss Fig. 3 und 4 zum Stillstand kommt. Man erhält so mit einem Radius r des Loches 14 und der Annäherung gemäss Fig. 8 den Vervielfachungsfaktor K am vorderen Ende des Risses, wenn sich dieser wie folgt ausbreitet:

$$K = \frac{P}{\sqrt{\pi a}} F(a/b). \quad \dots (2')$$

Sobald der Riss das Loch 14 erreicht, ergibt sich für die Spannung σ_{\max} am inneren Umfang des Loches:

$$\sigma_{\max} = \frac{2K}{\sqrt{r\pi}}. \quad \dots (1')$$

Mit einer Anfangsnutkrümmung \bar{y} erhält man:

$$K = 90 \sqrt{\pi \bar{y}} \cdot \frac{\sqrt{ac}}{\sqrt{a}} \cdot \frac{F}{F_c}. \quad \dots (8)$$

Im praktischen Fall mit $b = 10-16$ und $ac = 1-3$:

$$\frac{\sqrt{ac}}{F_c} = 1,4-0,7.$$

Wenn der Riss das Loch 14 erreicht, folgt aus Gleichung (4), wenn sich das Loch in der Mitte des Ringes befindet: ($a/b = 0,5$):

$$F(a/b) = 4,87.$$

$$K = 90 \sqrt{\pi} \frac{\sqrt{ac}}{F_c} \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} > 90 \sqrt{\pi} \times 0,7 \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} .$$

Wenn es nach dem Auftreten des Risses nicht sofort zum Bruch kommen soll ($f < 0,4$):

$$K > 90 \sqrt{\pi} \times 0,4 \times 0,7 \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} = \frac{344}{\sqrt{a}} . \quad \dots (9)$$

In dem Augenblick, in dem der Riss das Loch 14 erreicht, gilt die Bedingung gemäss Fig. 9 und der Vervielfachungsfaktor für das Loch verdoppelt sich etwa (die Gleichung (2') geht in die Gleichung (2) über).

Es gilt:

$$K > 2 \times \frac{344}{\sqrt{a}} .$$

Aus Gleichung (1) folgt:

$$\sqrt{\pi} r = \frac{2K}{\sigma_{\max}} > \frac{2 \times 2 \times 344}{180 \sqrt{a}} = \frac{344}{45 \sqrt{a}} .$$

$$r > \frac{18,6}{a} .$$

Bei einer Ringbreite von $18,6 \times 4$ gilt somit für den Radius r des Loches, damit der Riss zum Stillstand kommt: $r > 1$. Bei sofortigem Bruch: $\delta \geq 0,4$. Man sieht somit, dass r mit δ zunimmt. Da mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Rollenlagers der Lochdurchmesser $2r$ klein sein soll, muss die Nutgrundkrümmung δ klein sein und möglichst nicht über $0,4$ liegen. Bei zu kleiner Nutgrundkrümmung δ besteht jedoch die Gefahr eines Härterisses bei der Wärmebehandlung. Die Untergrenze für die Nutgrundkrümmung δ muss dann wie folgt herabgesetzt werden:

(II) Nutgrundkrümmung δ :

Wenn man annimmt, dass die Beanspruchung des Lagerwerkstoffes bei Auftreten eines Härterisses nicht unter 30 kg/mm^2 liegt und dass die Warmbehandlungsbeanspruchung nicht mehr als $+5 \text{ kg/mm}^2$ ausmacht, so liegt der Form- oder Gestaltfaktor K_t im Bereich $K_t < 6$, so dass es zu keinem Härteriss kommt. Daraus folgt die Nutgrundkrümmung δ zur Verhinderung eines Härterisses bei einer Nuttiefe a , wie in Fig. 10 gezeigt. Bei einer Nutgrundkrümmung δ von $0,4 \text{ mm}$ kann die Nuttiefe a bis zu 6 mm betragen.

(III) Keilwinkel 2θ :

Eine Verringerung des Keilwinkels 2θ ist erwünscht, da hierdurch die Bruchlast kleiner wird. Mit Rücksicht auf die Keilstärke gilt: $20^\circ < 2 \theta \leq 60^\circ$. Ausserdem liegt die Härte des Keiles über derjenigen des Gegenstandes.

(IV) Nutform $2 f$:

Gemäss Fig. 11 gilt $2\varphi < 2\theta$. Da Lager und Keil durch die Keilkraft deformiert werden, muss zwischen den Winkeln φ und θ ein grösserer Unterschied bestehen. Bei normalen Lagerringen gilt die Bedingung $2\theta - 2\varphi > 20^\circ$, da die Grösse der Keilbelastung von der Werkstoffhärte abhängt. Für $2\theta - 2\varphi$ eignet sich deshalb $0 - 20^\circ$. Die Nuttiefe a ändert sich mit der Wandstärke usw. Je grösser die Nuttiefe, umso einfacher ist das Spalten. Mit Rücksicht auf den Spaltvorgang erscheint $3 \leq a \leq 10$ am geeignetsten.

(V) Nutwinkel α :

Wenn das Spalten einfach mit einem Winkel α gegenüber der Achse erfolgt, ändert sich der Spannungsvervielfachungsfaktor K am vorderen Ende eines Risses, abhängig von α gemäss Fig. 7. Mit kleinerem α wird auch die Bruchlast herabgesetzt. Bei grossem Winkel α wird jedoch die Spannungskonzentration durch den Lauf- oder Rollkontakt gross. Der Winkel α ist deshalb unter Berücksichtigung dieser beiden Umstände zu wählen. Die Spannungskonzentration durch den Roll- oder Laufkontakt wird ausserdem beeinflusst von der Krümmung von Laufringen und Rollen, was bei der Wahl von α ebenfalls zu beachten ist. Eine hohe Bruchbeanspruchung während des Spaltens ist jedoch bei der Herstellung von Lagern kein ernstes Problem. Für α eignen sich Winkel von $10-30^\circ$.

Nach dem ersten Merkmal der Erfindung und der bisherigen Beschreibung wird somit am Innen- oder Aussendurchmesser eines Lagerringes eine schräge oder V-förmige Nut hergestellt, der Ring warmbehandelt und geschliffen und entlang der Nut mit einer Druckkeil-Brechvorrichtung eine Keilkraft ausgeübt,

wobei die Brechvorrichtung einen grösseren Winkel als die Nut aufweist, so dass der Lagerring schräg gespalten wird. Dadurch lassen sich Lagerringe bei hoher Produktivität in jeder Richtung leicht spalten. Das Verfahren ist ausserdem auch für starkwandige Gegenstände geeignet, da die für den Keil benötigte Bruchlast wenig von der Wandstärke, aber von der Nutgrundkrümmung beeinflusst wird. Auch bei einem Lagerring, der nicht im Winkel zu seiner Achse gespalten werden soll, bietet die Anwendung einer Keilkraft zum Spalten entlang einer Nut in einer Stirnfläche gegenüber den bekannten Brechverfahren für Ringe Vorteile. Die benötigte Anordnung ist einfach und arbeitet vorteilhaft.

II. Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem eine Stirnseite des Lagerringes mit einer Nut versehen ist.

Der Lagerring 21 gemäss Fig. 12 ist zum Spalten mit einer im Querschnitt V-förmigen Nut versehen. Gemäss Fig. 13 liegt er im Winkel auf einer Unterlage 26, wenn durch eine Druckkeil-Brechvorrichtung 23 entlang der Nut 22 eine Keilkraft ausgeübt wird, wodurch der Lagerring schräg zu seiner Achse gespalten wird. Die erforderliche Druckkraft zum Spalten eines Ringes mit einem Aussendurchmesser von 200 mm, einem Innendurchmesser von 160 mm und einer Breite von 100 mm beträgt ca. 13 to.

Gemäss Fig. 14 besitzt ein Lagerring 31 an seinem äusseren Umfang Ringflansche 31a und 31b. Eine Stirnseite des Lagerringes 31 besitzt zum Spalten eine im Querschnitt V-förmige Nut, während die andere Stirnseite eine zur Kraftrichtung

senkrechte Abstützfläche 35 aufweist, so dass der Ring 31 mit der Nut 32 dazu senkrecht gelagert werden kann. Der Lagerring 31, der gemäss Fig. 15 mit seiner Stützfläche 35 auf der Abstützung 36 ruht, wird durch die Druckkeil-Brechvorrichtung 35 schräg zur Achse gespalten.

Beim schrägen Spalten entlang der Nut in der Stirnseite kann nicht nur der Lagerring 21 mit geradem Innen- und Aussendurchmesser einfach und mit hoher Präzision gespalten werden, sondern auch der Lagerring 31 mit Flanschen an seinem äusseren Umfang.

Beim Spalten in einer V-Richtung gemäss Fig. 16 und 17 besitzt der zu spaltende Lagerring 41 ein kleines Loch 44 in der Mitte seines Umfanges. Auf gegenüberliegenden Stirnseiten ist der Ring 41 mit im Querschnitt V-förmigen Nuten 42a und 42b versehen, die mit ihrer Spitze bzw. ihrem Grund auf das kleine Loch 44 zeigen. Das Loch 44 befindet sich somit am Schnittpunkt der verlängerten Nuten. Ausserdem weisen die Stirnflächen Abstützflächen 45a und 45b auf, so dass der Ring 41 gegen Kräfte in Richtung der Nut 45a oder 45b abgestützt werden kann. Zum Spalten wird gemäss Fig. 18 und 19 das Lager 41 nach Warmbehandlung und Schleifen mit seiner einen Stützfläche 45a auf die Abstützung 46 gebracht und einer Keilkraft ausgesetzt, wodurch die Nut 42a sich bis zu dem kleinen Loch 44 ausbreitet, worauf die Oberseite des Ringes nach unten gedreht und die andere Stützfläche 45b auf die Abstützung 46 gebracht wird, worauf die Nut 42b ebenfalls bis zum Loch 44 verlängert wird. Der Lagerring 41 ist dadurch V-förmig und schräg zur Achse gespalten. Der Spaltvorgang wird erleichtert, wenn ausserdem in das kleine Loch

während der Belastung ein Stift eingesetzt ist, der eine Deformation verhindert.

Die Fig. 20 und 21 zeigen Nuten 52a und 52b und ein kleines Loch 54 in einem Lagerring 51 mit Ringflanschen 51a und 51b, der in V-Richtung gespalten werden soll. Zur Vermeidung von Schwierigkeiten wird das kleine Loch 54 ausserhalb der Lauffläche angeordnet. Die Nuten 52a und 52b sind im Querschnitt ebenfalls V-förmig und liegen so in der Stirnseite des Ringes 51, dass sie mit dem Nutgrund auf das kleine Loch 54 gerichtet sind. Ausserdem weisen die Stirnseiten senkrecht zu den Belastungslinien Abstützflächen 55a bzw. 55b auf, so dass bei einer in Richtung der Nut 52a oder 52b wirkenden Kraft der Ring 51 sicher abgestützt ist. Der Spaltvorgang beim Ring 51 verläuft auf die gleiche Weise wie bereits beim Ring 41 erläutert.

Die von der Druckkeil-Brechvorrichtung 23, 33 bzw. 43 in den Nuten 22, 32, 42a, 42b, 52a bzw. 52b in den Lagerringen 21, 31, 41 bzw. 51 bewirkten Spannungszustände werden im folgenden erläutert.

Hierzu werden die Spannungszustände in einer ebenen Platte S2 gemäss Fig. 22 zur Annäherung an die tatsächlichen Spannungszustände in einem Lagerring verwendet. Wenn man, wie bei der bereits erläuterten Nut N1, in der Umfangsfläche die Keilkraft mit P bezeichnet, ergeben sich für die Beanspruchung σ_{\max} am Nutgrund folgende Gleichungen:

$$\sigma_{\max} = \frac{2K}{\sqrt{r_1}} ;$$

$$K = \frac{2P}{\sqrt{\pi a}} \times F(a/b);$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4P}{\pi \sqrt{\rho}} \times \frac{F(a/b)}{\sqrt{a}};$$

$$F(a/b) = \frac{3,52}{(1-a/b)^{3/2}} - \frac{4,35}{(1-a/b)^{1/2}} + \\ + 2,13 (1-a/b) .$$

In den Gleichungen bedeuten:

ρ : die Krümmung am vorderen Nutende,
K : den Spannungsvervielfachungsfaktor und
F(a/b): den Kompensationsfaktor.

Gemäss Fig. 23 verändert sich $F(a/b)/\sqrt{a}$ mit der Nuttiefe a. Wenn ρ in der Gleichung (3) konstant ist und σ_{\max} , die Bruchspannung, allein vom Werkstoff bestimmt wird, dann nimmt P mit steigenden F/\sqrt{a} ab. Die Bruchbeanspruchung σ_{\max} wird somit bei kleinerer Nuttiefe a grösser, was vorteilhaft ist. Der Zusammenhang zwischen der Druckkraft W und der Keilspannung P hängt gemäss folgender Gleichung vom Keilwinkel 2θ ab:

$$P = \frac{W}{2} \cot \theta.$$

Ein kleiner Keilwinkel 2θ ist also vorteilhaft, allerdings muss der Keilwinkel immer grösser sein als der Nutwinkel.

Bei einer Bruchspannung von 180 kg/mm^2 gilt für den Spannungsvervielfachungsfaktor K_c am vorderen Ende eines auftretenden Risses:

$$\text{Aus Gleichung (1): } K_c = \frac{180\sqrt{\pi s}}{2} = 90\sqrt{\pi s}. \quad \dots (5)$$

$$\text{Aus Gleichung (2): } K_c = \frac{2P_c}{ac} F_c(a/b) \quad \dots (6)$$

Für K am vorderen Ende eines sich ausbreitenden Risses gilt:

$$\text{Aus den Gleichungen (1)-(6): } 90\sqrt{\pi s} \frac{\sqrt{ac} F(a/b)}{\sqrt{a} F_c(a/b)}$$

Für den Bereich $b = 50-600$ und $a = 2-12$ gemäss Fig. 12:

$$\frac{\sqrt{ac} F(a/b)}{\sqrt{a} F_c(a/b)} > 0,4.$$

Deshalb ist: $K > 90\sqrt{\pi s} \times 0,4.$

Bei einem K_{ic} von $50 \text{ kg}\sqrt{\text{mm}/\text{mm}^2}$ erhält man aus $K > K_{ic} = 50$ in der Gleichung (7), dass bei $s > 0,6 \text{ mm}$ der Stahl des

Lagerringes nach dem Auftreten eines Risses in der Nut sofort durchbrochen wird.

Im folgenden werden praktische Bereiche für den Durchmesser $2r$ des kleinen Loches, für die Nutgrundkrümmung ρ , für den Keilwinkel 2θ und für die Nutform bzw. Nutgestalt 2ψ angegeben.

(I) Durchmesser $2r$ des kleinen Loches:

Wenn der Lagerring V-förmig gespalten werden soll, muss der von einer Nut ausgehende Riss in dem kleinen Loch zum Stillstand kommen. Bei einem Radius des kleinen Loches von r ergibt sich für die Spannung σ_{\max} am inneren Umfang des kleinen Loches, wenn dort der Riss auftritt:

$$\sigma_{\max} = \frac{2K}{\sqrt{\pi r \rho}} \quad \dots (1')$$

Bei einer anfänglichen Nutgrundkrümmung ρ :

$$K = 90 \sqrt{\pi \rho} \frac{\sqrt{ac}}{\sqrt{a}} \frac{F}{F_c} \quad \dots (8)$$

Für einen praktischen Bereich ($b = 50-600$ und $a = 2-12$):

$$\frac{\sqrt{ac}}{F_c} = 0,95-0,4$$

Wenn der Riss das kleine Loch erreicht und $a/b = 0,5$ ist, wobei das kleine Loch in der Mitte der Ringstirnseite liegt, so folgt aus Gleichung (4): $F(a/b) = 4,87$.

Einsetzen in die Gleichung (8) ergibt:

$$K = 90 \sqrt{\pi} \xi \cdot \frac{\sqrt{ac}}{F_c} \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} > 90 \sqrt{\pi} \xi \times 0,4 \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} .$$

Wenn es nach dem Auftreten eines Risses nicht unmittelbar zum Bruch kommen soll ($\xi < 0,6$), so gilt:

$$K > 90 \sqrt{\pi} \times 0,6 \times 0,4 \times \frac{4,87}{\sqrt{a}} = \frac{241}{\sqrt{a}} . \quad \dots (9')$$

Aus den Gleichungen (1') und (9') folgt:

$$\sqrt{r} = \frac{2K}{\sigma_{\max}} > \frac{2 \times \frac{241}{\sqrt{a}}}{180} = \frac{2,7}{\sqrt{a}} ;$$

$$r > 2,28/a .$$

Bei einem a von 2,28 lautet somit die wesentliche Bedingung, damit der Riss an dem kleinen Loch zum Stillstand kommt: Der Radius r des kleinen Loches muss kleiner sein als 1 mm. Für sofortigen Bruch gilt: $\xi \geq 0,6$. Somit steigt r mit ξ . Da mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Wälzlagers der Lochdurchmesser $2r$ klein sein muss, muss auch die Nutgrundkrümmung ξ klein

sein. Zweckmässig ist eine Nutgrundkrümmung ξ von weniger als 0,6. Bei zu kleiner Nutgrundkrümmung ξ besteht jedoch die Gefahr, dass während der Warmbehandlung ein Härteriss auftritt. Man muss deshalb die untere Grenze für die Nutgrundkrümmung ξ herabsetzen.

(II) Nutgrundkrümmung ξ :

Wenn man annimmt, dass die auf den Lagerwerkstoff wirkende Spannung beim Auftreten eines Härterisses weniger als 30 kg/mm^2 beträgt, und dass die Spannung durch die Warmbehandlung nicht mehr als $+5 \text{ kg/mm}^2$ ausmacht, so liegt der Nutformfaktor K_t im Bereich $K_t < 6$, so dass kein Härteriss auftritt. Dies gilt für den Bereich der Nutgrundkrümmung ξ zur Verhinderung eines Härterisses, abhängig von der Nuttiefe a gemäss der grafischen Darstellung nach Fig. 13. Nach dieser Darstellung kann die Nuttiefe a bei einer Nutgrundkrümmung ξ von 0,4 bis zu 6 mm betragen.

(III) Keilwinkel 2θ :

Der Keilwinkel 2θ sollte klein sein, da sich dadurch die Bruchkraft verringert. Mit Rücksicht auf die Festigkeit des Keiles wählt man: $20^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$.

(IV) Nutform 2γ :

Gemäss Fig. 14 ist der Zusammenhang zwischen Keilwinkel 2θ und Nutform 2γ immer so dass gilt: $2\gamma > 2\theta$. Da Lager und Keil durch die Keilkraft deformiert werden, müssen sich die Winkel γ und θ deutlich unterscheiden. Zweckmässig ist $2\theta - 2\gamma > 20^\circ$ für normale Lagerringe, da die Grösse der Keilspannung von der Härte des Werkstoffes beeinflusst wird.

809812/0592

Durch Anpassung der Nuten 2, 12, 23, 24, 33 bzw. 34 in den Lagerringen 1, 11, 21 bzw. 31 an die oben geschilderten Bedingungen wird das Spalten durch die Druckkeil-Brechvorrichtung erleichtert.

Gemäss einem zweiten Merkmal der Erfindung wird somit in einer Stirnseite eines Lagerringes in einem bestimmten Winkel gegenüber der Oberfläche eine V-förmige Nut hergestellt. Nach Wärmebehandlung und Schleifen des Ringes spaltet eine Druckkeil-Brechvorrichtung, die einen grösseren Winkel aufweist als die Nut, den Lagerring schräg oder in V-Richtung. Gemäss der Erfindung können somit Lagerringe unabhängig von der Gestalt des Innen- oder Aussendurchmessers in jeder Richtung sehr einfach gespalten werden. Das Verfahren arbeitet mit hoher Wirtschaftlichkeit und Produktivität. Durch die Belastung eines Lagerringes auf seiner Stirnseite kann man unabhängig von seinem Aussendurchmesser mit einer relativ kleinen Druckvorrichtung bzw. Presse arbeiten.

Patentanwälte
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schieschke
8 München 40, Elisabethstrasse 34

- 34 -
 2723928

Nummer: 27 23 928
 Int. Cl. 2: F 16 C 33/14
 Anmeldetag: 26. Mai 1977
 Offenlegungstag: 23. März 1978

Fig 1

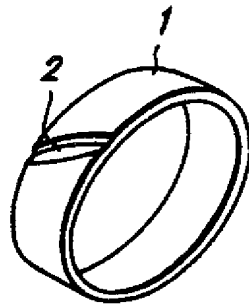


Fig 2

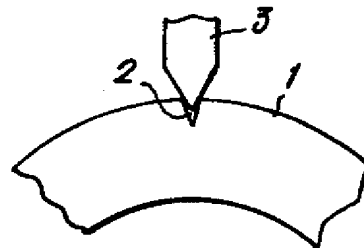


Fig 3

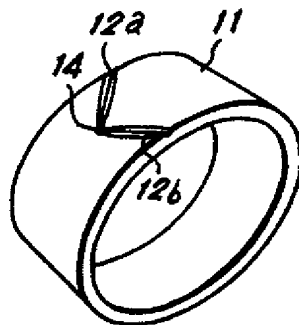


Fig 4

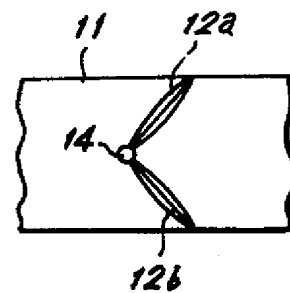
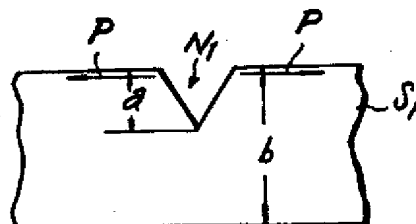


Fig 5

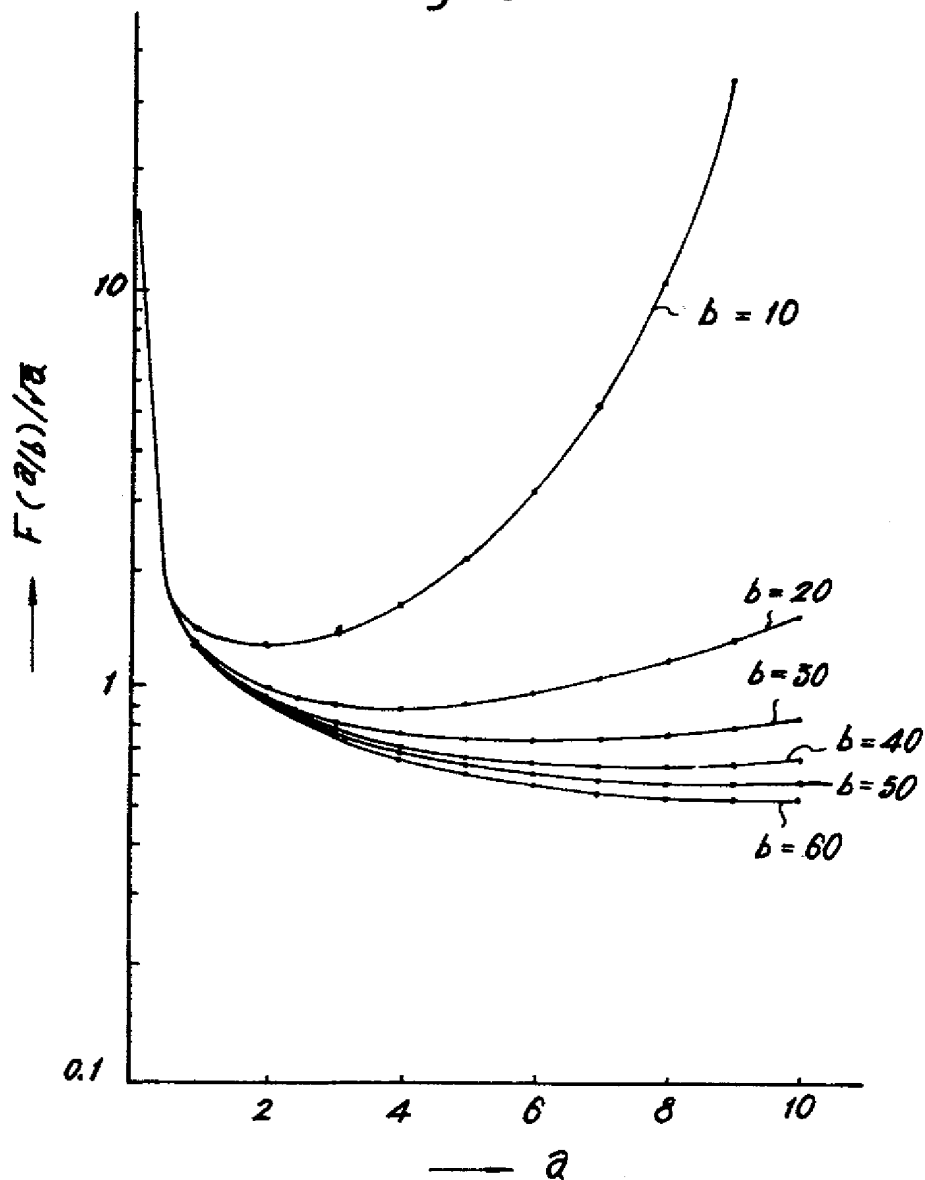


809812/0592

Patentanwälte
 Dipl.-Ing. E. Eder
 Dipl.-Ing. K. Schmalzke
 8 München 40, Elisabethstraße 34

2723928

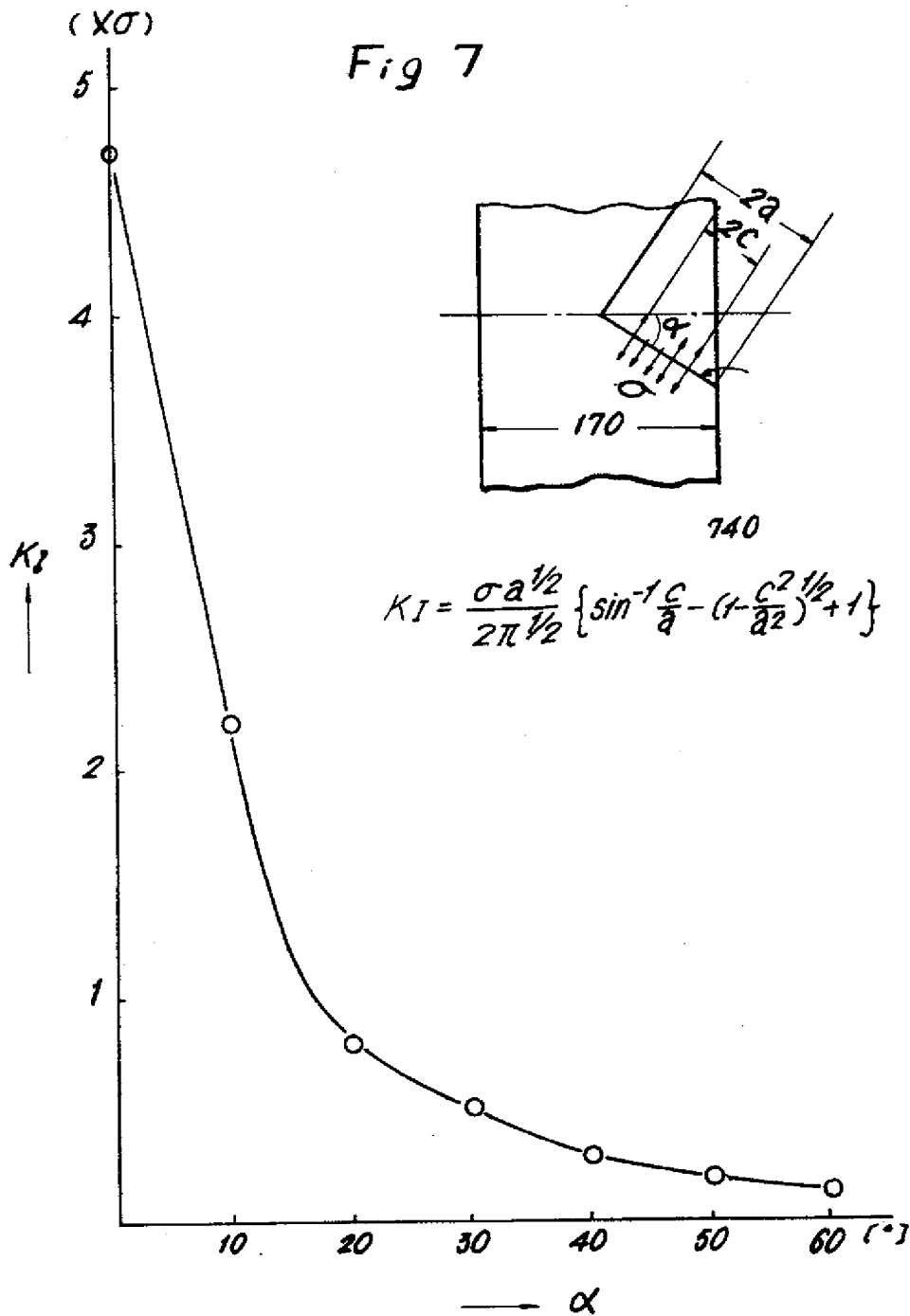
Fig 6



809812/0592

Patentanwältin
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schieschke
München 40, Elisabethstraße 34.

Fig 7



809812/0592

Patentanwalt
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. R. Schesche
München 40, Elisabethstraße 34

Fig 8

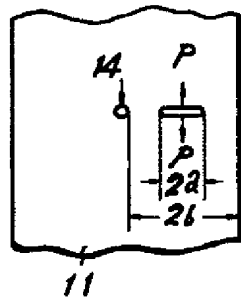


Fig 9

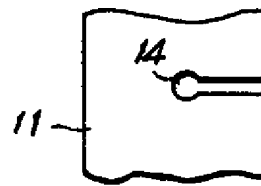
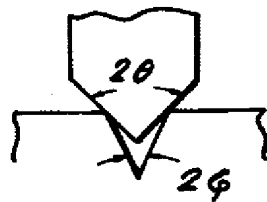


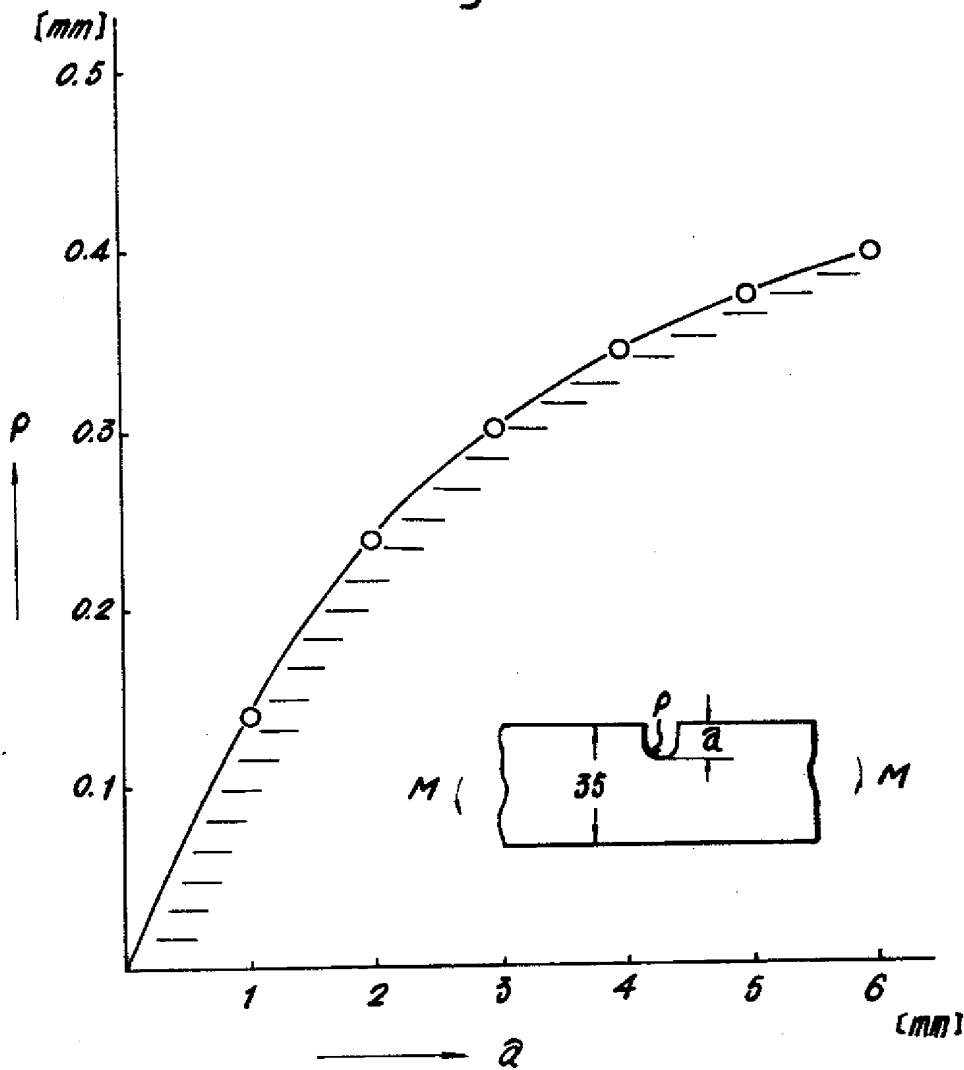
Fig 11



809812/0592

Patentanwältin
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schiesche
München 40, Elisabethstraße 34

Fig 10



809812/0592

Patentanwältin
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schöchke
8 München 40, Eisenbahnstraße 34

Fig 12

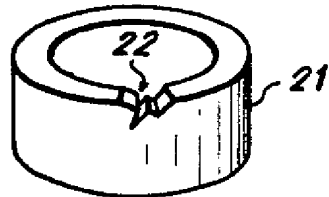


Fig 13

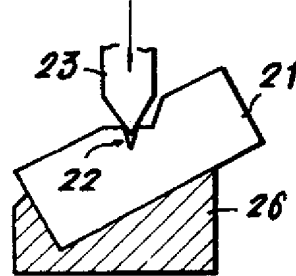


Fig 14

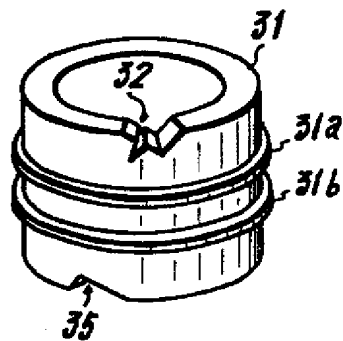


Fig 15

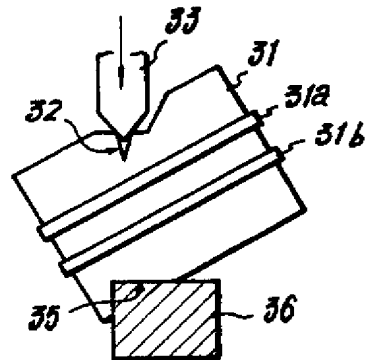


Fig 16

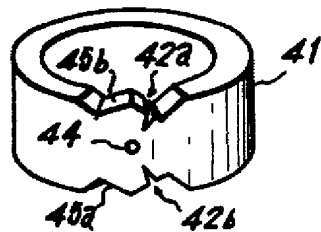
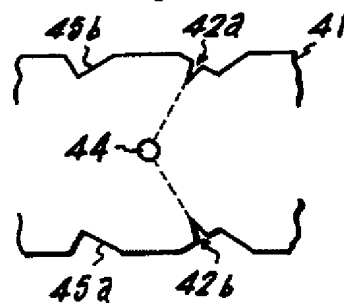


Fig 17



809812/0592

2723928

Fig 19

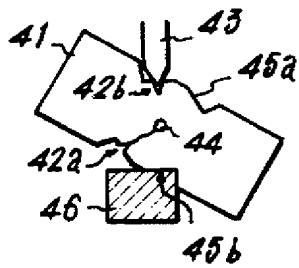


Fig 18

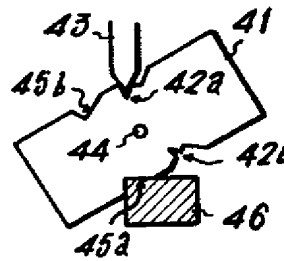


Fig 20

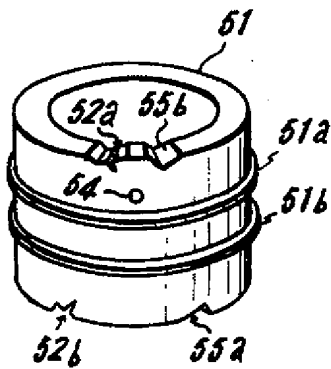


Fig 21

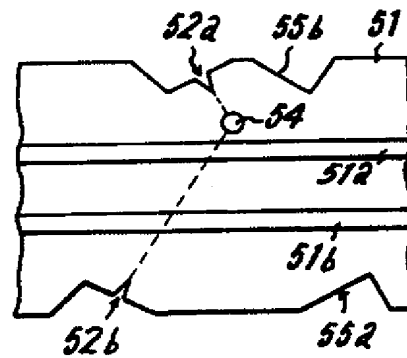


Fig 25

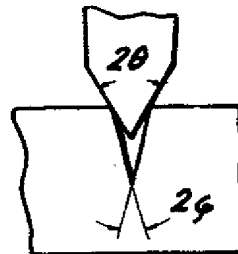
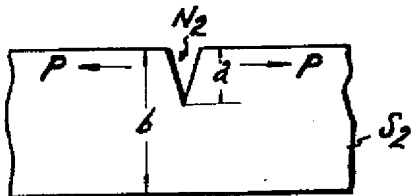


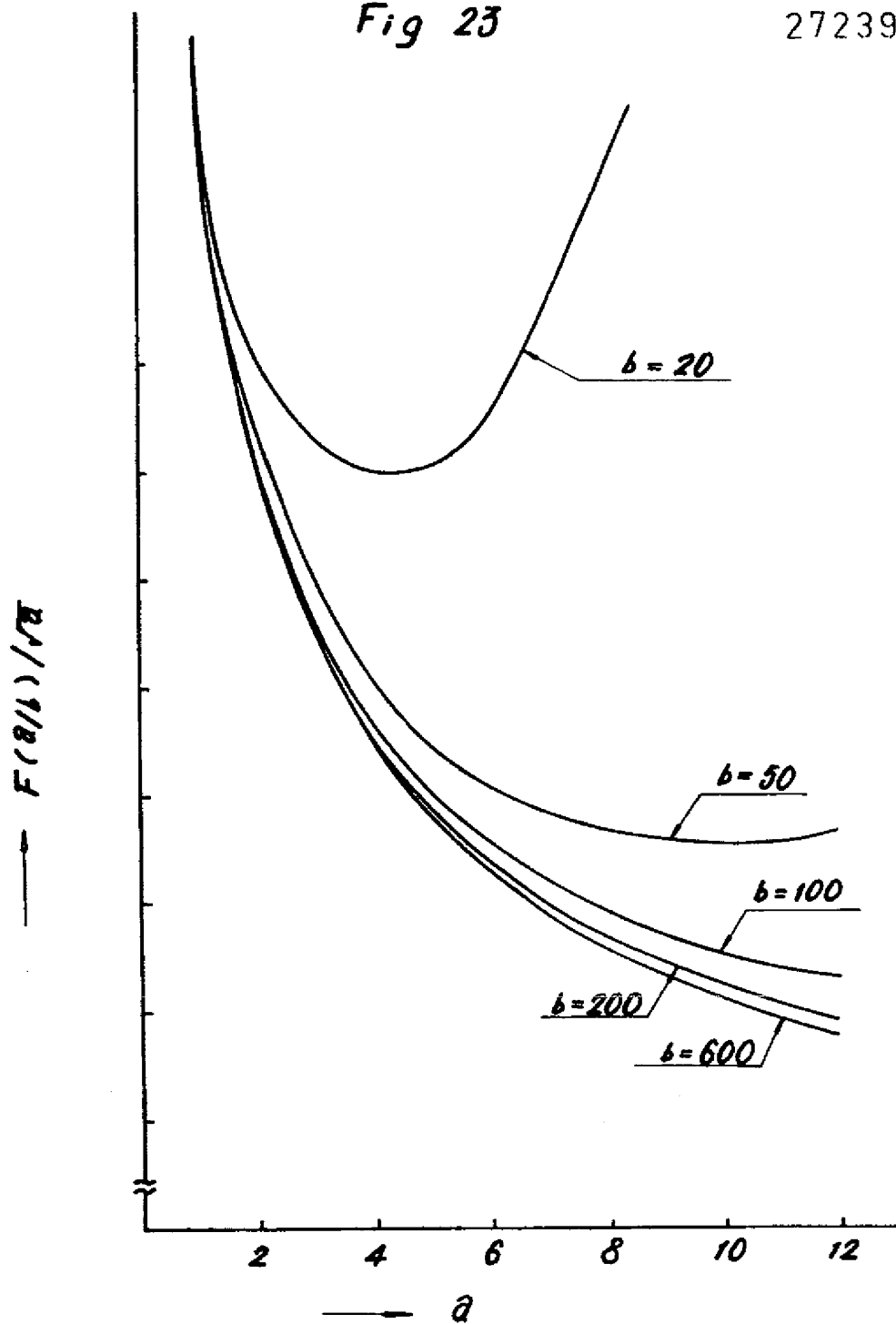
Fig 22



809812/0592

Fig 23

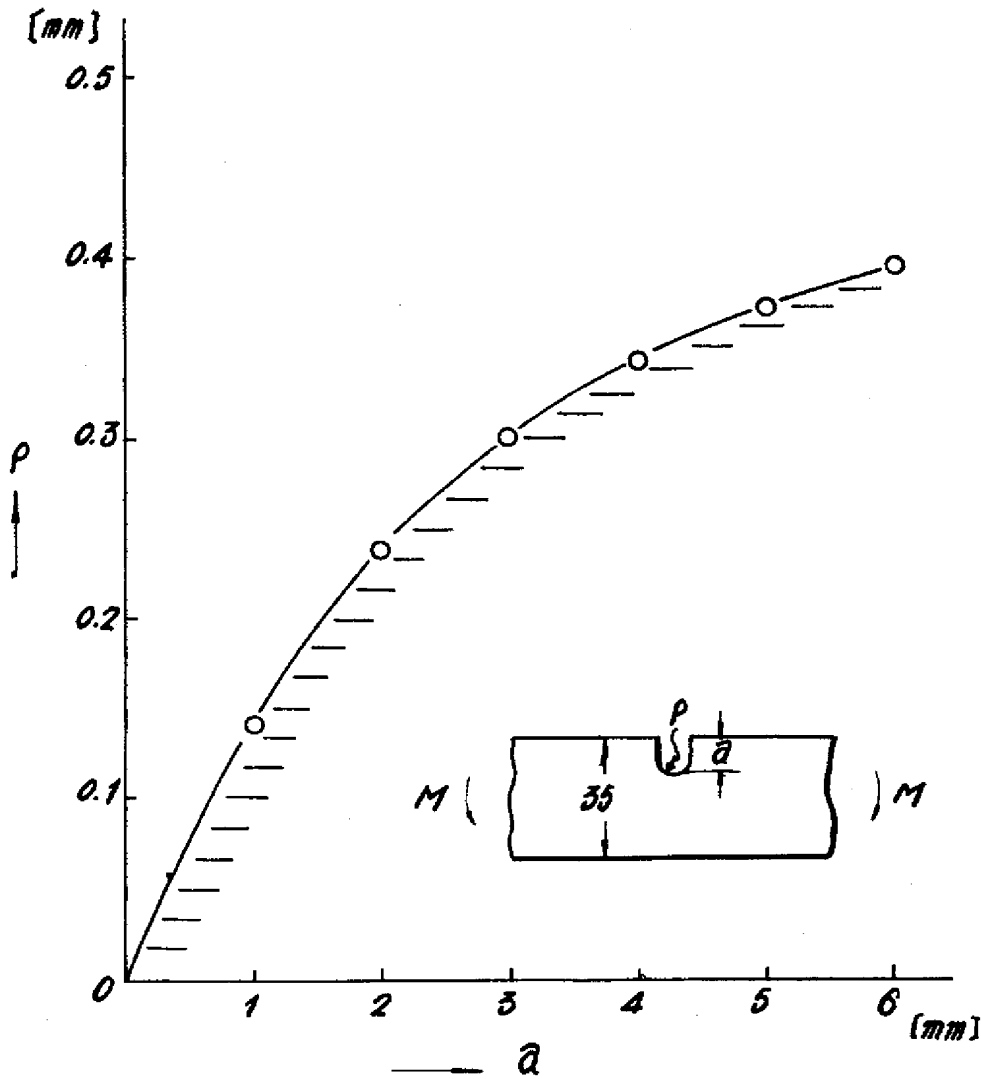
2723928



809812/0592

FIG. 23
CLASS. 11
11/11/1960

Fig 24



809812/0592

Patentanwält
Dipl.-Ing. E. Eder
Dipl.-Ing. K. Schleichke
München 40, Elisabethstraße 34